

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10070107
PUBLICATION DATE : 10-03-98

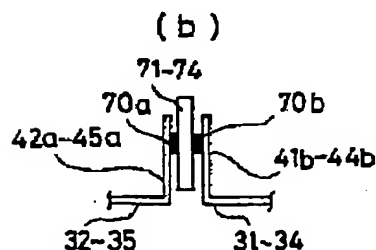
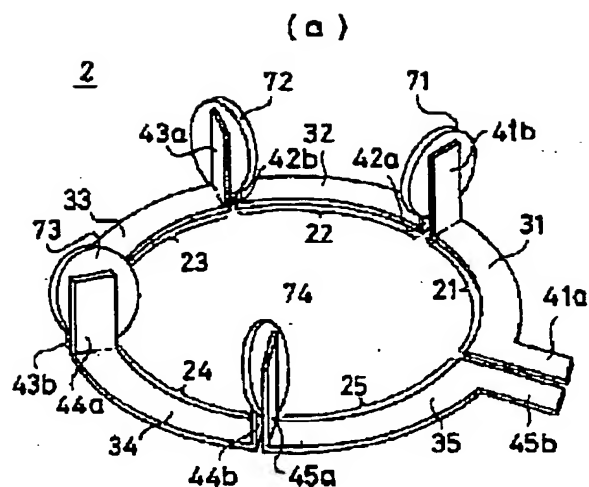
APPLICATION DATE : 26-08-96
APPLICATION NUMBER : 08242648

APPLICANT : ULVAC JAPAN LTD;

INVENTOR : ENDO MITSUHIRO;

INT.CL. : H01L 21/3065 C23C 16/50 C23F 4/00
H01L 21/205 H01Q 7/00 H05H 1/46

TITLE : PLASMA EXCITING ANTENNA AND
PLASMA PROCESSOR



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma exciting antenna allowing the voltage difference between terminals.

SOLUTION: The antenna 2 is composed of alternately connected sub-antennas 21-25 and capacitors 71-74. An a-c current is applied to the antenna 2 to radiate electromagnetic waves from the sub-antennas 21-25 to generate a plasma of a gas in a plasma generating tank. The sub-antennas and capacitors 71-74 form partial LC series circuits so as to go into a resonance state. The impedance is lowered to allow the voltage difference between terminals 41a, 45b to be reduced to result in neither occurrence of electric discharge between the terminals nor mixture of impurity in the plasma.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/302	B
C 2 3 C 16/50			C 2 3 C 16/50	
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	A
H 0 1 L 21/205			H 0 1 L 21/205	
H 0 1 Q 7/00			H 0 1 Q 7/00	

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-242648

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月26日

(71) 出願人 000231464

日本真空技術株式会社
神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地

(72) 発明者 渡辺 一弘

茨城県つくば市東光台5-9-7 日本真
空技術株式会社筑波超材料研究所内

(72) 発明者 生田 美植

茨城県つくば市東光台5-9-7 日本真
空技術株式会社筑波超材料研究所内

(72) 発明者 遠藤 光広

茨城県つくば市東光台5-9-7 日本真
空技術株式会社筑波超材料研究所内

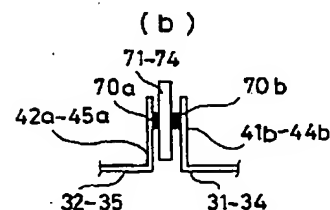
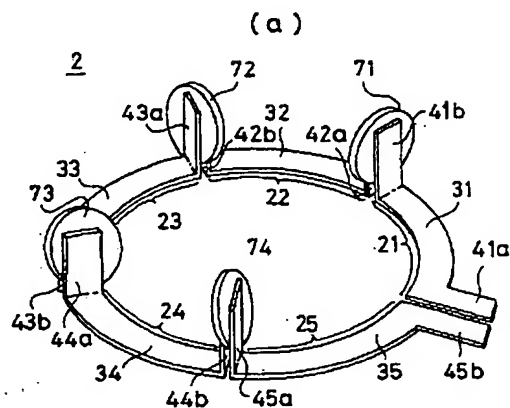
(74) 代理人 弁理士 石島 茂男 (外1名)

(54) 【発明の名称】 プラズマ励起用アンテナ、プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】 端子間の電圧差を小さくできるプラズマ励起用アンテナを提供する。

【解決手段】 複数の部分アンテナ21~25と複数のコンデンサ71~74とを交互に接続してプラズマ励起用アンテナ2を構成する。このプラズマ励起用アンテナ2に交流電流を流して各部分アンテナ21~25から電磁波を放射させ、プラズマ発生槽内のガスをプラズマ化する際、部分アンテナ21~25とコンデンサ12、71~74とで構成される部分的なLC直列回路が共振状態になるようにしておく。インピーダンスが下がり、端子41a、45b間の電圧差を小さくできるので、端子41a、45b間で放電が生じたり、プラズマ中に不純物が混入することがなくなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 高周波電圧が印加される端子間が近接したプラズマ励起用アンテナであって、

電磁波を放射できるように構成された複数の部分アンテナと、

複数のコンデンサとを有し、

前記部分アンテナと前記コンデンサとが電氣的に交互に接続されて構成され、

その両端が前記端子にされて交流電流が流されたときに前記各部分アンテナから電磁波を放射できるように構成されたことを特徴とするプラズマ励起用アンテナ。

【請求項2】 請求項1記載のプラズマ励起用アンテナであって、

一端がコンデンサを有するマッチングボックスを介して電源に接続される場合、前記マッチングボックス内のコンデンサを含め、互いに接続されたコンデンサ1個と部分アンテナ1個とで構成される部分的なLC直列回路が、印加される高周波電圧の周波数に対し、共振状態に置かれるように構成されたことを特徴とするプラズマ励起用アンテナ。

【請求項3】 請求項1又は請求項2のいずれか1項記載のプラズマ励起用アンテナとプラズマ化すべきガスを導入するプラズマ発生槽とを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項4】 前記プラズマ励起用アンテナを複数有し、各プラズマ励起用アンテナで同じプラズマ発生槽内のガスをプラズマ化するように構成された請求項3記載のプラズマ処理装置であって、

各プラズマ励起用アンテナの固有共振周波数が、互いに1kHz以上異なるように構成されたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマを発生させる技術に関し、特に、プラズマ発生槽内に導入されたガスに電磁波を放射してプラズマ化させるプラズマ励起用アンテナに関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、エッチング工程や薄膜の形成工程において、所望ガスのプラズマを利用して処理対象物の加工を行う装置が広く用いられている。例えば、図3(a)のエッチング装置100は、プラズマを用いて基板表面の薄膜をエッチングする装置であり、金属で構成された反応槽105と、誘電体で構成されたプラズマ発生槽106と、ループアンテナ102とを有している。

【0003】プラズマ発生槽106は、反応槽105の上部に取り付けられており、ループアンテナ102は、同図(b)に示すように、プラズマ発生槽106の外周に設けられており、一端がマッチングボックス111を介して高周波電源110に接続され、他端が接地電位に接

続されている。

【0004】このエッチング装置100内に予め基板108を配置しておき、図示しない真空ポンプを起動し、反応槽105内とプラズマ発生槽106内とを高真空状態にした後エッチングガスを導入し、高周波電源110を起動してループアンテナ102に高周波電圧を印加すると、ループアンテナ102から放射される電磁波によってエッチングガスが励起され、エッチングガスプラズマ107が発生する。

【0005】反応槽105とプラズマ発生槽106の外には、電磁石114₁、114₂が設けられ、発生したエッチングガスプラズマ107がウェハ-108表面に輸送されるような磁界が形成されており、ウェハ-108表面がエッチングガスプラズマ107に接触すると、薄膜のエッチング加工が行われる。

【0006】このようなエッチング装置100において、ウェハ-108表面のエッチングばらつきを小さくするためには、エッチングガスプラズマ107を均一にする必要がある。そのためにはループアンテナ102全体から均一に電磁波が放射されることが望ましいので、ループアンテナ102の両端は、符号115で示すように、互いに近接させ、ループ状にしておく必要がある。

【0007】他方、エッチング処理すべき基板は近年次第に大型化しており、それに対応するために、上述したループアンテナ102も大型化し、投入すべき電力も大きくなっている。

【0008】ループアンテナ102と、高周波電源110と、マッチングボックス111とは、同図(c)に示すような等価回路を形成しているが、大型化したループアンテナ102に大電流を流すために、マッチングボックス111を介して印加する高周波電圧Vを大きくした場合には、電源側の端子と接地側の端子とが近接した部分115において、端子間に放電が発生し、プラズマが不安定になるという問題があった。

【0009】また、ループアンテナに印加する高周波電圧が大きくなると、ループアンテナ102の電源側端子近傍のプラズマ発生槽106内壁がスパッタされる場合があり、エッチングガスプラズマ中に不純物として混入してしまうという問題も生じていた。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記従来技術の不都合を解決するために創作されたもので、その目的は、小さな印加電圧で大きな電流を流すことができるプラズマ励起用アンテナを提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1記載の発明は、高周波電圧が印加される端子間が近接したプラズマ励起用アンテナであって、電磁波を放射できるように構成された複数の部分アンテナと、複数のコンデンサとを有し、前記部分アンテナと前

記コンデンサとが電氣的に交互に接続されて構成され、その両端が前記端子にされて交流電流が流されたときに前記各部分アンテナから電磁波を放射できるように構成されたことを特徴とする。

【0012】この場合、請求項2記載の発明のように、プラズマ励起用アンテナの一端がコンデンサを有するマッチングボックスを介して電源に接続される場合には、前記マッチングボックス内のコンデンサを含め、互いに接続されたコンデンサと部分アンテナの各1個で構成される部分的なLC直列回路が、印加される高周波電圧の周波数に対して共振状態に置かれるように構成しておくといふ。

【0013】他方、請求項3記載の発明は、プラズマ処理装置であって、請求項1又は請求項2のいずれか1項記載のプラズマ励起用アンテナと、プラズマ化すべきガスを導入するプラズマ発生槽とを有することを特徴とする。

【0014】この請求項3記載の発明については、請求項4記載の発明のように、前記プラズマ励起用アンテナを複数有しており、各プラズマ励起用アンテナで同じプラズマ発生槽内のガスをプラズマ化する場合には、各プラズマ励起用アンテナの固有共振周波数が、互いに1kHz以上異なるように構成しておくといふ。

【0015】従来、プラズマ励起に用いられていたようなループアンテナでは、周波数 ω で電流 I を流したい場合、ループアンテナのインダクタンス値を L' とすると、

$$V = \omega \cdot L' \cdot I$$

の大きさの高周波電圧 V を印加する必要があった。

【0016】大径のループアンテナを用い、高密度のプラズマを発生させたい場合には、周波数 ω の値が大きくなり、また、電流 I の値も大きくなるため、印加する高周波電圧 V の値も大きくなってしまふ。

【0017】ところが、一般にループアンテナは、高周波電圧を印加する端子間が近接しているため、大きな高周波電圧 V を印加した場合には、電源側端子と接地側端子間で放電が生じてしまふ。

【0018】上述の本発明の構成によれば、ループアンテナを複数の部分アンテナに分割し、各部分アンテナ同士をコンデンサによって電氣的に接続している。この場合、合計のインダクタンス値が L_0 である n 個の部分アンテナと、 $n-1$ 個のコンデンサによってプラズマ励起用アンテナを構成した場合、マッチングボックス内のコンデンサを含めて、部分アンテナとコンデンサ各1個で構成される n 個の部分的なLC直列回路が形成される。従って、それら部分的なLC直列回路の両端に生じる電圧は全体に印加される電圧の $1/n$ になる。

【0019】そのような部分アンテナ1個当たりのインダクタンスを L_n 、コンデンサ1個当たりのキャパシタンスを C_n とした場合、印加される高周波電圧の周波数

ω に対し、 $\omega^2 \cdot L \cdot C$ の値を可及的に1に近づけると、部分アンテナとコンデンサの各1個で構成される部分的なLC直列回路を共振状態に置くことができる。

【0020】部分的なLC直列回路が共振状態にある場合、その部分のインピーダンスは最も小さくなる。従って、マッチングボックス内のコンデンサを含めて構成される n 個の部分的なLC直列回路ができるだけ共振状態に近づくように部分アンテナのインダクタンス値とコンデンサのキャパシタンス値を選択すれば、プラズマ励起用アンテナ全体のインピーダンスが小さくなる。従って、小さな高周波電圧で大きな電流を流すことができるようになるので、大電力を投入した場合であってもプラズマ励起用アンテナの電源側の端子と接地側の端子間の電圧差が小さくなり、放電が生じなくなる。

【0021】ところで、プラズマ励起用アンテナをプラズマ発生槽に取り付ける場合、従来ではプラズマ発生槽とプラズマ励起用アンテナ間の間隔を、電源に接続された方を遠く、接地電位に接続された方を近くなるように配置し、プラズマ発生槽内の電界が均一になるようにし、プラズマ中に不純物が混入しないようにしているものがあつた。本発明のプラズマ励起用アンテナでは、印加する高周波電圧が低電圧で済むので、プラズマ発生槽との距離を一定にしておいても、プラズマ発生槽内のガスを均一にプラズマ化できる。

【0022】本発明のプラズマ励起用アンテナを複数設けたプラズマ発生槽では、各プラズマ励起用アンテナに独立した高周波電源から電圧を印加して一つのプラズマ発生槽内に導入されたガスをプラズマ化する場合、各プラズマ励起用アンテナの固有共振周波数の値が互いに1kHz以上異なるようにしておく。その場合、各プラズマ励起用アンテナの部分的なLC直列回路に共振を起こさせるときに、各高周波電源の周波数を異ならせることができるので、プラズマ励起用アンテナ間の相互干渉を防止することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】図1を参照し、符号2は、本発明のプラズマ励起用アンテナの一例であるループアンテナであり、5個の部分アンテナ21~25と、4個のコンデンサ71~74とを有している。

【0024】各部分アンテナ21~25は、電磁波の放射を行うインダクタンス部分31~35をそれぞれ有しており、それらインダクタンス部分31~35の両端には、端子41a~45aと端子41b~45bがそれぞれ設けられている。

【0025】インダクタンス部分31~35と端子41a~45a、41b~45bは金属の細板で構成されており、各インダクタンス部分31~35は円弧状に曲げられ、同じ平面内で一つのループ形状(この例では300mmφ)を成すように配置されている。各端子42a~45a、41b~44b、各インダクタンス部分31~35

の位置する面に対して垂直になるように同一方向設けられている。

【0026】端子41bと端子42a間、端子42bと端子43a間、端子43bと端子44a間、端子44bと端子45a間には、高耐圧用のコンデンサ71~74がそれぞれ配置され、同図(b)に示すように、各コンデンサ71~74の一方の電極70aは端子42a~45aに固定され、他方の電極70bは端子41b~44bに固定されている。

【0027】このループアンテナ2は、図2(a)に示すようなプラズマ発生槽6を有するプラズマ処理装置3に用いられており、プラズマ発生槽6の天井に設けられたガラス窓8上に、スペーサー91~93を介して載置されている。

【0028】ループアンテナ2の一端の端子41aは、同図(b)に等価回路を示すマッチングボックス11を介して高周波電源に接続されており(マッチングボックスと高周波電源は、この図2(a)では省略した。)、他端の端子45bは接地電位に接続され、高周波電源10を起動して端子41a、45b間に高周波電圧を印加すると、プラズマ発生槽6内に導入されたガスがプラズマ化される。

【0029】このループアンテナ2は、同図(b)に示す等価回路の通り、各インダクタンス部分21~25のインダクタンス成分を $L_1 \sim L_5$ 、各コンデンサ71~74のキャパシタンス成分を $C_2 \sim C_5$ 、マッチングボックス11内でループアンテナ2と高周波電源10との間に接続されているコンデンサ12のキャパシタンス成分を C_1 で表した場合、各インダクタンス成分 $L_1 \sim L_5$ とキャパシタンス成分 $C_1 \sim C_5$ とは交互に位置しているので、 $C_1 L_1$ 、 $C_2 L_2$ 、 $C_3 L_3$ 、 $C_4 L_4$ 、 $C_5 L_5$ の5個の部分的なLC直列回路が形成されている。

【0030】コンデンサ12、71~74に、キャパシタンス成分 $C_1 \sim C_5$ が1000pFのものをを用い、高周波電源10を起動して、マッチングボックス11を介して周波数13.56MHzの高周波電圧を印加し、ループアンテナ2内の電圧を測定した。その結果得られた、図2(b)に示す $V_{0pp} \sim V_{6pp}$ の各測定点の電圧を示す。

$$【0031】V_{0pp} = 2.3kV$$

$$V_{1pp} = 4.3kV$$

$$V_{2pp} = 4.5kV$$

$$V_{3pp} = 4.4kV$$

$$V_{5pp} = 4.5kV$$

$$V_{6pp} = 4.3kV$$

最も近接している両端の端子41a、45b間の電圧値が2.3kV(V_{0pp} の値)と低電圧であり、端子41a、45b間には放電は生じなかった。

【0032】それに対し、図3のループアンテナ102では、上述の場合と同じ周波数で同じ電流が流れるように高周波電圧を印加したところ、ループアンテナ102

の両端の電圧Vは13.8kVであり、エッチング中、その両端の端子間に放電が生じる場合があった。なお、そのループアンテナ102には直径350φのものをを用い、浮遊容量は20~30pFであった。また、マッチングボックス111内のコンデンサには、キャパシタンス値が500pFのものをを用いた。

【0033】以上説明したプラズマ処理装置3は、プラズマ励起用アンテナを天井上に配置するものであったが、図3(b)のように、プラズマ発生槽の外周に配置しても良く、その他、プラズマを安定に発生させられれば取付箇所は問わない。

【0034】<エッチング装置>上述のループアンテナ2は、直径300φであり、コンデンサを4個用いていたが、他の実施の形態として、各500pFの3個のコンデンサを用い、4個の部分インダクタンス(それぞれ約1μH)と交互に直列接続して一つのループアンテナを構成した。また、キャパシタンス値が500pFのコンデンサを用いてマッチングボックスを構成し、そのマッチングボックスを介して13.56MHzの高周波電圧を印加し、表面にシリコン酸化膜が形成されたシリコンウェハー(8インチ)のエッチングを行った。エッチングガスには CHF_3 を用いた。流量50SCCM、圧力0.1Pa、ループアンテナへの投入電力は1kWにした。基板へは周波数13.56MHzで200Wの電力を投入した。

【0035】1カセット25枚ずつ、合計100枚のウェハーを処理したところ、ウェハー面内のシリコン酸化膜のエッチングばらつきは±3%以内であった。

【0036】同様の条件で、従来のループアンテナ102を用いてエッチングを行ったところ、1カセット25枚中、6枚のウェハーがエッチング不足となった。

【0037】以上説明した本発明のプラズマ励起用のループアンテナは、各部分アンテナを円形ループ形状に配置していたが、本発明のプラズマ励起用アンテナには、各部分インダクタンスが四角ループ形状に配置されたループアンテナも含む。

【0038】四角ループ状に配置したプラズマ励起用アンテナの一例として、各500pFの10個のコンデンサと11個の部分インダクタンスとを用い、各コンデンサと部分インダクタンスとを、400mm×500mmの矩形形状に交互に配置したものをを用意した。

【0039】マッチングボックス内でループアンテナと直列接続されるコンデンサには500pFのものをを用い、矩形形状の基板表面に形成されたITO膜のエッチングを行った。各部分アンテナのインダクタンスの値は約0.15μHであった。

【0040】エッチングガスには $SiCl_4$ ガスと Cl_2 ガスとの混合ガスを用い、流量100SCCM、圧力1.0Paにした。プラズマ励起用アンテナへは周波数13.56MHzの高周波電圧を印加し、5kWの電力を投入

した。基板へは、周波数13.56MHzの高周波電圧を印加し、200Wの電力を投入した。

【0041】その結果、1500Å/minという高速なエッチング速度が得られた。このときの基板面内のエッチングバラツキは±8%以下であり、エッチングの均一性は良好であった。従来技術のループアンテナを用い、同じ電力を投入してエッチングを行おうとしたが、電源電圧側の端部と接地電位側の端部との間で放電してしまい、安定なエッチングを行えなかった。

【0042】＜プラズマCVD＞次に、各500pFの5個のコンデンサと6個の部分アンテナを用いてループアンテナを構成し、プラズマCVD装置に適用して基板表面へのシリコン酸化膜の形成を行った。原料ガスとして流量100SCCMのTEOSガスと流量60SCCMのO₂ガスの混合ガスを用い、圧力5Pa、マッチングボックス内でループアンテナと直列接続されるコンデンサに500pFのものを用い、投入電力は500Wにした。

【0043】高周波電圧の周波数は、13.56MHzと40.1MHzの2種類を印加し、成膜速度の比較を行った。いずれの場合でも原料ガスのプラズマは安定に発生し、それぞれ180mm/min、560mm/minという高速な成膜速度が得られた。従来技術のループアンテナでは、40.1MHzの場合はプラズマが安定せず、シリコン酸化膜を形成することはできなかった。

【0044】

【発明の効果】大きな高周波電流を流す場合でも印加する高周波電圧の値は小さいので、端子間に放電が生じる

ことがなくなる。また、印加する高周波電圧の値が小さいので、プラズマ発生槽を構成する物質がスパッタリングされることがなく、プラズマ中に不純物が混入することがなくなる。

【0045】高い周波数の電圧を印加することができるので、高密度プラズマを効率よく生成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)：本発明のプラズマ励起用アンテナの一例を示す斜視図

(b)：その部分アンテナとコンデンサとの接続を説明するための図

【図2】(a)：本発明のプラズマ励起用アンテナをプラズマ発生槽上に配置した状態を説明するための図

(b)：本発明のプラズマ励起用アンテナの等価回路を説明するための図

【図3】(a)：従来技術のループアンテナを用いたエッチング装置の一例

(b)：そのループアンテナの斜視図

(c)：そのループアンテナの等価回路を説明するための図

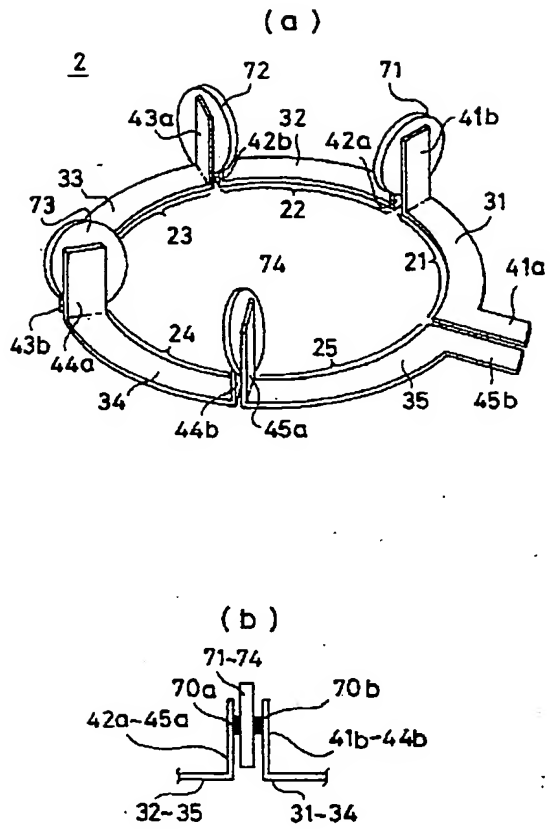
【符号の説明】

2……プラズマ励起用アンテナ 3……プラズマ処理装置

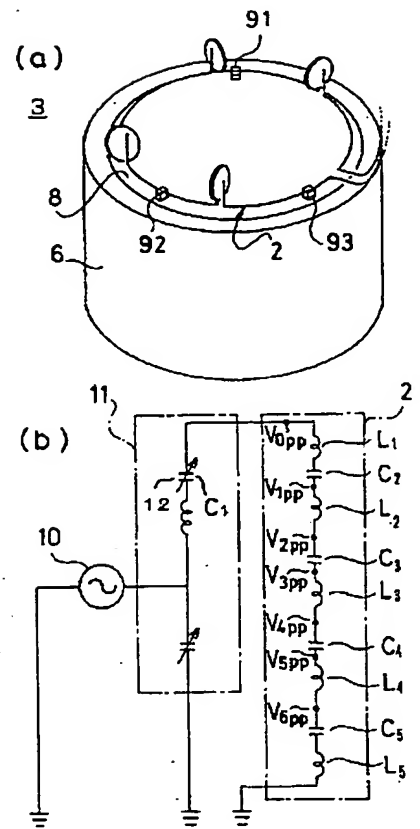
21～25……部分アンテナ 31～35……インダクタンス部分

12、71～74……コンデンサ

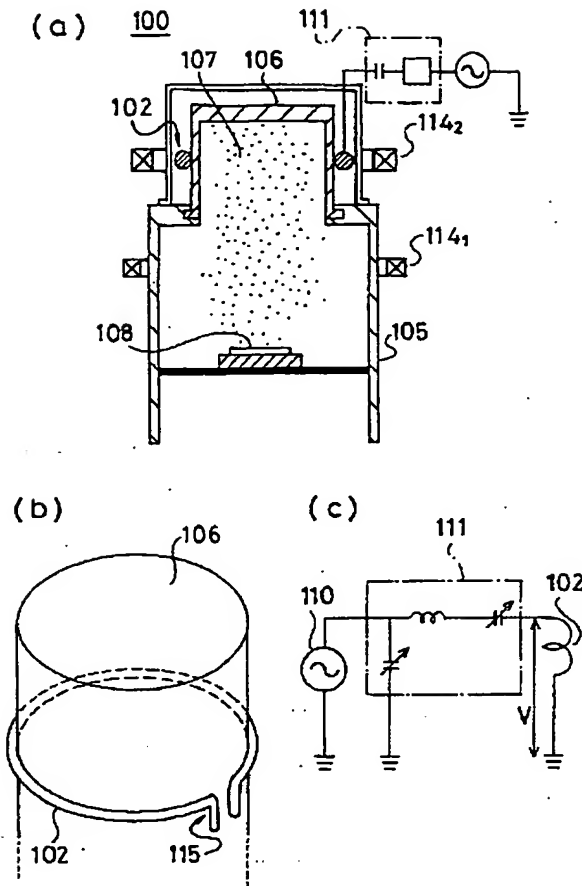
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶
H05H 1/46

識別記号 庁内整理番号

FI
H05H 1/46

技術表示箇所

A